

POWERED BY **Dialog**

BEST AVAILABLE COPY

---

**HYDROGEN AND ELECTRIC ENERGY GENERATION SYSTEM****Publication Number:** 2002-255501 (JP 2002255501 A) , September 11, 2002**Inventors:**

- IMAZAKI KAZUO

**Applicants**

- LASER GIJUTSU SOGO KENKYUSHO

**Application Number:** 2001-048647 (JP 200148647) , February 23, 2001**International Class:**

- C01B-003/04
- G02F-001/37
- H01S-003/00
- H01S-003/0915

**Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a hydrogen and an electric energy capable of irradiating on the wavelength which suits the absorption of a semiconductor electrode or after converting or shifting to the wavelength in the light generated by a means capable of sufficiently absorbing the sunlight without directly irradiating the sunlight to a device which generates the hydrogen and the electric energy by the semiconductor electrode. **SOLUTION:** A hydrogen and the electric energy generation system is formed by establishing the hydrogen and the electric generation device 10 having the semiconductor electrode 13 and a laser generator 20 which absorbs the light of wavelength used as the maximum light energy density of the sunlight, and in the transmission route of the laser, a variable means of wavelength 30 which converts or shifts the laser beam to the wavelength which the semiconductor electrode absorbs, thereby the system which brings a marked improvement of an adsorption efficiency of the semiconductor is provided. COPYRIGHT: (C)2002,JPO

JAPIO

© 2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 7387000

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-255501  
(P2002-255501A)

(43) 公開日 平成14年9月11日 (2002.9.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 0 1 B	3/04	C 0 1 B 3/04	A 2 K 0 0 2
G 0 2 F	1/37	G 0 2 F 1/37	5 F 0 7 2
H 0 1 S	3/00	H 0 1 S 3/00	A
	3/0915	3/091	J

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-48647(P2001-48647)

(22) 出願日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(71) 出願人 591114803

財団法人レーザー技術総合研究所  
大阪府大阪市西区靱本町1丁目8番4号  
大阪科学技術センタービル内

(72) 発明者 今崎 一夫

大阪市西区靱本町1丁目8番4号 財団法人  
レーザー技術総合研究所内

(74) 代理人 100074206

弁理士 鎌田 文二 (外2名)

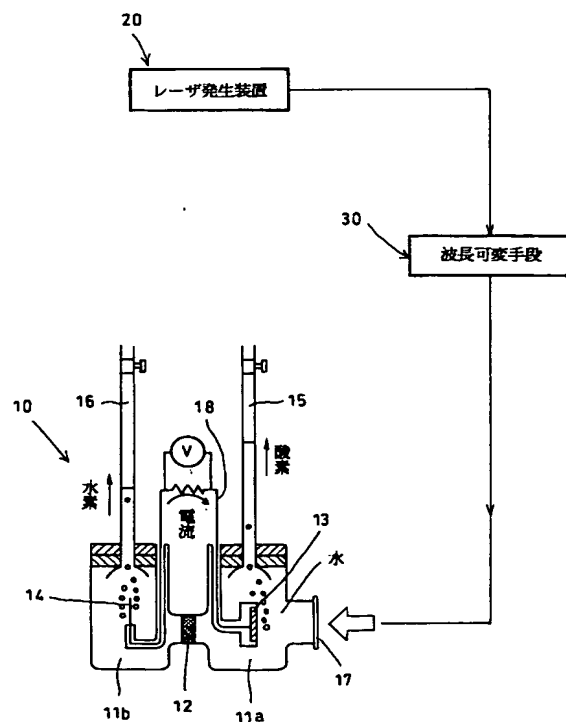
Fターム(参考) 2K002 AA04 AB12 BA01 HA20 HA24  
5F072 AA04 AB02 AB13 AB20 KK12  
KK30 PP10 QQ02 QQ07 YY20

(54) 【発明の名称】 水素・電気エネルギー発生システム

(57) 【要約】

【課題】 半導体電極を用いて水素と電気エネルギーを発生させる装置に対し、太陽光を直接照射するのではなく太陽光を十分吸収し得る手段で発生した光を半導体電極の吸収に適合する波長で、又はその波長に変換もしくはシフトして照射し得るようにした水素・電気エネルギー発生システムを得る。

【解決手段】 水素・電気エネルギー発生システムを半導体電極13を有する水素・電気エネルギー発生ユニット10と、太陽光の光エネルギー密度の最大となる波長の光を吸収するレーザー発生装置20と、そのレーザーの伝送経路に上記半導体電極が吸収する波長にレーザー光を変換又はシフトする波長可変手段30とを設けて形成し、半導体電極の吸収効率を格段に向上させたシステムである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透過窓から半導体電極へ光を照射して水分解し、これにより電気エネルギーを発生させて負電極で水分解により水素を発生させる水素・電気エネルギー発生ユニットと、太陽光励起レーザ発生装置とを組合せ、レーザ発生装置を太陽光の光エネルギー密度のピーク波長又はその一定範囲内に最大吸収特性を有するレーザ媒質を備えたものとし、上記ユニットの半導体電極がレーザ発生装置で発生した波長のレーザ光を吸収する特性を有する材料を用いて構成されて成る水素・電気エネルギー発生システム。

【請求項 2】 透過窓から半導体電極へ光を照射して水分解し、これにより電気エネルギーを発生させて負電極で水分解により水素を発生させる水素・電気エネルギー発生ユニットと、太陽光励起レーザ発生装置とを組合せ、レーザ発生装置を太陽光の光エネルギー密度のピーク波長又は一定範囲内に最大吸収特性を有するレーザ媒質を備えたものとし、レーザ発生装置のレーザ光を上記半導体電極に照射するためにレーザ光を伝送する伝送経路に、そのレーザ光の波長を変換又はシフトする波長可変手段を設け、半導体電極が上記波長可変手段により変換又はシフトされた波長のレーザ光を吸収する特性を有する材料を用いて構成して成る水素・電気エネルギー発生システム。

【請求項 3】 前記レーザ発生装置を、レーザ媒質に太陽光の光エネルギー密度のピーク波長又はその一定範囲内に最大吸収特性を有する少なくとも 1 種以上のレーザ活性物質を添加した固体レーザ発生装置としたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の水素・電気エネルギー発生システム。

【請求項 4】 前記レーザ発生装置を、半導体レーザとしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の水素・電気エネルギー発生システム。

【請求項 5】 前記レーザ発生装置をヨウ素レーザとしたことを特徴とする請求項 2 に記載の水素・電気エネルギー発生システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、太陽光励起によるレーザ光を照射して水を分解し、水素と電気エネルギーを得る水素・電気エネルギー発生システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 水素を工業的に発生させる方法としては、水を電気分解して得る方法が最も一般的な方法である。しかし、電気分解に使用される電力が化石エネルギーを使用する限り環境への負担となり、従って完全にクリーンなエネルギーとして利用するには水素は化石エネルギーを使用することなく、水から安価に効率よく、大量に作り出す必要があり、このような観点から太陽エネルギーを用いて水を電気分解して水素を得る方法の重要性が今後

増大すると思われる。

【0003】 太陽エネルギーを利用する一般的な方法として太陽電池発電による電気エネルギーで水を電気分解する方法がある。他の方法として、酸化チタンなどの半導体電極を用いた光電気化学反応により水素を得る方法が本多・藤嶋効果として知られている。この半導体電極を用いて水素を発生させる原理的な方法では、酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) の半導体電極をアノードとし、白金 (Pt) 電極を対にして互いに絶縁された 2 つのチャンバ内に水を入れてそれぞれ対向配置し、半導体電極に透過窓を通して太陽光を照射すると酸素発生反応が起こり、白金電極では水素が発生し、負荷を介して電力が得られる。半導体電極は  $\text{TiO}_2$  以外にも種々のものが研究されており、一例として特開平 11-246985 号公報では二酸化ジルコニウム ( $\text{ZrO}_2$ )、酸化タンタル ( $\text{TaO}_5$ )、酸化ニオブ ( $\text{NbO}_5$ ) を提案している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、太陽電池の電力で水素を発生させる方法は、太陽電池のエネルギーの利用効率が 20~40% と低く、太陽電池自体が高価であるため、コストが高く、大量生産には不向きである。酸化チタンなどの半導体電極による水素発生方法では、利用できる波長域が半導体電極の材料によって理論的に決まっており、太陽光の光エネルギーを全波長に亘って使用することができない。従って、水の分解のエネルギー変換効率は数%程度と低く、現状では工業的利用はできない。

【0005】 しかし、太陽光の光エネルギーを全波長の大部分について利用する方法を検討すればエネルギー変換効率が大幅に向上する可能性があり、工業的な利用が可能となることが期待される。

【0006】 この発明は、上記の問題に留意して、半導体電極を用いて水素・電気エネルギーを発生する装置に対し太陽光の吸収、照射手段を改良することにより太陽光のエネルギーを十分活用して照射し得るようにした水素・電気エネルギー発生システムを提供することを課題とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 この発明は、上記の課題を解決する手段として、透過窓から半導体電極へ光を照射して水分解し、これにより電気エネルギーを発生させて負電極で水分解により水素を発生させる水素・電気エネルギー発生ユニットと、太陽光励起レーザ発生装置とを組合せ、レーザ発生装置を太陽光の光エネルギー密度のピーク波長又はその一定範囲内に最大吸収特性を有するレーザ媒質を備えたものとし、上記ユニットの半導体電極がレーザ発生装置で発生した波長のレーザ光を吸収する特性を有する材料を用いて構成されて成る水素・電気エネルギー発生システムとしたのである。

【0008】上記の課題を解決するもう1つの手段として、透過窓から半導体電極へ光を照射して水分解し、これにより電気エネルギーを発生させて負電極で水分解により水素を発生させる水素・電気エネルギー発生ユニットと、太陽光励起レーザ発生装置とを組合せ、レーザ発生装置を太陽光の光エネルギー密度のピーク波長又は一定範囲内に最大吸収特性を有するレーザ媒質を備えたものとし、レーザ発生装置のレーザ光を上記半導体電極に照射するためにレーザ光を伝送する伝送経路に、そのレーザ光の波長を変換又はシフトする波長可変手段を設け、半導体電極が上記波長可変手段により変換又はシフトされた波長のレーザ光を吸収する特性を有する材料を用いて構成して成る水素・電気エネルギー発生システムとすることもできる。

【0009】上記の構成とした上記2つの発明のいずれかのシステムによれば、水素と電気エネルギーとが極めて高効率に発生する。水素・電気エネルギー発生ユニットへは、その半導体電極に用いられている材料に特有な吸収波長のレーザ光を照射する。例えば半導体電極がP型インジウムリン（P-InP）（Rh、Pt等の表面被覆を施したもの）であればその吸収波長は1μm付近の光であり、酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）であればその吸収波長は0.4μm付近の光である。

【0010】このような波長のレーザ光を照射すると、半導体電極内で光エネルギーにより電子は禁制帯を越えて励起され、この電子の移動により半導体電極に接する水が分解され酸素が発生すると共に負電極との間に電気エネルギーが発生して負荷を介して流れ、負電極側では水が分解されて水素が発生する。酸素は大気中に排出されるが、水素は排気管を介して集められ、液化した後燃料等に用いられる。

【0011】半導体電極の材料がP型インジウムリンのように吸収波長が長いものでは、これに対応する波長のレーザ光を発生するレーザ発生装置として、例えばNd-YAGレーザ（発振波1.06μm）のような固体レーザを用いることができる。従って、この場合は第1の発明のように、レーザ光を伝送経路の途中で波長をシフトしたり、高調波に変換することなく直接半導体電極に照射する。しかし、酸化チタンのように吸収波長が短いものでは、長波長のレーザ発生装置のレーザ光をそのまま照射しても吸収されないから、第2の発明のように伝送経路に設けられた波長可変手段により波長を高調波に変換するか、又は所定波長にシフトする必要がある。

【0012】例えばチタンサファイアレーザであれば太陽光の吸収波長は500nm付近でピークを有するが、発振波長は780nmであるから、第2の発明のように伝送経路の波長可変手段により発振されたレーザ光を2倍高調波に変換して酸化チタン（TiO<sub>2</sub>）の半導体電極を照射するという組合わせを採用することとなる。なお、この場合の波長可変手段は波長変換手段であり、例

えばKDP結晶のような材料を用い、光を透過する際に2倍高調波に変換する部材である。

【0013】又、上記Nd-YAGレーザやチタンサファイアレーザのような固体レーザを用いる場合、少なくともNd（ネオジウム）やTi（チタン）のようなレーザ活性物質が含まれているが、この添加物として、例えばCe（セレン）やCr（クロム）のような活性物質をさらに添加すると、それぞれの活性物質特有の異なる吸収波長で太陽光の光エネルギーを吸収するため、太陽光をより広い波長域に亘って吸収し、発振効率が增大する。

【0014】一方、ヨウ素レーザ（発振波1.3μm）あるいは同等の発振波長の半導体レーザを用い、半導体電極としてP型インジウムリンを組合わせる場合は、発振波長のレーザ光を波長可変手段により半導体電極の吸収波長1.0μmにシフトすることとなる。波長可変手段は光ファイバを用いた誘導ラマン散乱により元の波長を異なる波長に変化させる部材が用いられる。

【0015】以上のようなレーザ発生装置と半導体電極の組合せによるレーザ光の照射により半導体電極は高いエネルギー密度の光を吸収し、高効率で水素と電気エネルギーが発生する。レーザ発生装置は、太陽光に含まれる各種波長成分のうち光エネルギー密度がピークとなる波長又はその一定範囲内に最大吸収特性を有するものとし、太陽光を最大限エネルギーに変換できるものとする。一定範囲内とは太陽の光エネルギー密度が最大の場合の30%以内となる波長範囲である。

【0016】レーザ発生装置は、地球外周の宇宙空間に静止させると太陽光の吸収効率が高くなる。この場合、レーザ光は宇宙空間から中継装置（反射ミラー、光増幅器）を経て地上の受光設備（反射ミラー）で受光された後直接に、又は波長可変手段で波長が変換又はシフトされて半導体電極に照射される。レーザ発生装置は地上に設置してもよい。この場合は太陽光の吸収効率が低下するが、全体の効率としては従来のもよりはるかに高効率である。

【0017】上述した第1又は第2の発明のレーザ発生装置として、固体レーザを用いる場合、そのレーザ発生装置を、太陽光を高密度に集光する集光レンズと、その後方にレーザ活性物質を添加した細長い複数本の光ロッド材を互いに平行に集合して設け、上記各ロッド材の両端には反射ミラーで形成した光共振器を設け、上記光ロッド材の集合体の周りを光反射材で囲み、集光レンズで集光した太陽光をそれぞれのロッド材に照射し又は反射ミラーで反射させて各ロッド材を通過させ、レーザ活性物質の作用でロッド材中に放射光を生起させ、光共振器で放射光を増幅、発振させてレーザ光を出力するように構成したものとすることができる。

【0018】このレーザ発生装置では光ロッドにレーザ活性物質を種々添加することにより、太陽光の広い波長範囲で光エネルギーを吸収し、効率よくレーザ光を発振で

10

20

30

40

50

きる。又、上記水素・電気エネルギー発生ユニットは、互いに絶縁され水を収容した2つのチャンバ内に半導体電極と負電極との一対をそれぞれ配設し、両電極を外部の負荷に接続し、半導体電極が配設されたチャンバの透過窓から光を照射して電気エネルギーを発生させて水分解し、負電極では電気エネルギーの発生により水分解して水素を発生させるように構成するとよい。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は実施形態の水素・電気エネルギー発生システムの全体概略系統図である。10は水素・電気エネルギー発生ユニット、20はレーザ発生装置、30はレーザ光の波長可変手段である。水素・電気エネルギー発生ユニット10は、太陽光を照射して水素、酸素、電気エネルギーを発生される公知の原理的な構成のものを示しており、この実施形態では特定波長のレーザ光を照射する点が異なる。

【0020】上記発生ユニット10は、それぞれ水を収容した2つのチャンバ11a、11b間を絶縁材12で仕切り、各チャンバ11a、11b内に半導体電極(TiO<sub>2</sub>)13、白金電極(Pt)14を設け、両電極間を負荷(r)を介して接続して成る。各チャンバ11a、11bは所定の金属材のケーシングで形成され、各チャンバ11a、11bの上端は蓋板で閉じられ、その蓋板を挿通して排出管15、16が設けられている。排出管15、16はそれぞれ発生した酸素、水素のガスを排気する。チャンバ11aの片端には光の透過窓17が設けられ、この透過窓17を透過した光が半導体電極13に全て到達して吸収されるように光が入射される。このとき接続線18で生じた残余の電力は再度水を分解するのにも使用することもできる。

【0021】図2、図3にレーザ発生装置20の概略構成を示す。図示のレーザ発生装置20は、地球外周の宇宙空間に静止する人工衛星内に設置され、地球上の特定位置にレーザ光を伝送する。レーザ発生装置20は、集光手段として太陽光を集光するフレネルレンズ21と、これに対応して設けたレーザ発生部22とを備えている。

【0022】フレネルレンズ21は、図示の例では太陽光の入射面が略長方形で、その長手幅方向に亘って太陽光を中央の所定線上に集光するように偏光させる部材であり、その偏光方向に対応する凹凸面が出射面側に形成されている。このフレネルレンズ21は、図示省略しているが、適宜支持部材でレーザ発生部22に取り付けられている。このフレネルレンズ21の厚さは0.1mmでも光の収束は可能である。なお、フレネルレンズ21の形状は図示以外にも様々な形状があり、例えば正方形等としてもよい。

【0023】レーザ発生部22は、レーザ活性物質を添加した細長い透明の光ロッド23の複数本をケーシング

22a内の空洞内に互いに平行に所定の間隔に集合配置し、各光ロッド23の両端には反射コーティングを施して反射ミラー25、26を形成している。24は、光を導入するための導入窓である。又、ケーシング22aの内面22bにも反射コーティングを施す。反射ミラー25、内面22bは反射率100%に近い誘電体多層膜の高反射コーティング、反射ミラー26は反射率80%（透過率20%）程度の反射コーティングが施されている。反射ミラー25、26により光共振器が構成され、反射ミラー26が出力ミラーとなっている。

【0024】光ロッド23は、数mm径程度であり、図示の例では1mm径である。材料は一例としてサファイア結晶が用いられ、添加されるドーパントとして例えばチタン等を選択する。光ロッド23は、レーザ発生部の長さに対応する長さとして、例えば図示の例では約5m程度であり、複数本の光ロッド23を約10本所定の間隔で隣接して設けられる。光ロッド23で発振したレーザ光は出力ミラー26を出た後ホログラフィックレンズ27で光の平行度を調整した後送り出される。

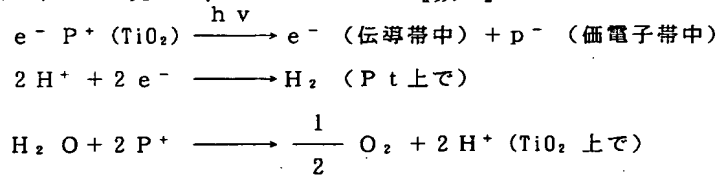
【0025】図示の例のレーザ発生装置20は、地球外周の所定の宇宙空間に設置されるから、この装置20から出力されるレーザ光は、図4に示すように、地球上に至るまでの途中の任意の宇宙空間位置に設置された反射ミラー28a、28bを介して地上へ送られ、集光レンズ29a～29b間に設けた波長可変手段30により波長が変換又はシフトされる。

【0026】この波長可変手段30は、例えばKDP結晶板による非線形光学素子が用いられ、特にこの例では2倍高調波を作り出す光学素子によりレーザ光の波長は2倍波長に変換される。さらに、この変換されたレーザ光は、反射ミラー28cで反射させて水素・電気エネルギー発生部10の透過窓17へ送られる。この波長可変手段30を通す場合、レーザパワー密度が高いほど効率がよく、このため収光することがある。このとき熱変形問題を避けるため大型結晶を用いて光を走査したり結晶を高速で効かすようにするとよい。なお、後述するように波長可変手段30は一定波長だけシフトする部材とする場合もある。

【0027】上記の構成としたこの実施形態の水素・電気エネルギー発生システムは、太陽光励起によるレーザ光で水を直接分解して水素及び電気エネルギーを発生させる。水素・電気エネルギー発生部10での光化学反応はよく知られたものであり、この発生部10にレーザ光が照射されると、図7に示すようにそのレーザ光を半導体電極13が吸収してこの電極13内で半導体中の電子を禁制帯を越えて電子は励起される。この例では半導体電極は酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)であり、この酸化チタンはバンドギャップE<sub>g</sub>が3eV以上のエネルギーの光子を必要とし、これは410nmの光に相当する。

【0028】このような光を半導体電極13に照射する

と、半導体電極 13 の伝導帯に励起された電子が負荷を介して白金電極 14 へ流れる。この電子の移動により半導体電極 13 に接する水が分解され酸素 ( $O_2$ ) が (ガスとして) 発生し、一方白金電極 14 でも水の分解により水素 ( $H_2$ ) が (ガスとして) 発生する。こうして水分解による水素生成と電気エネルギーが発生し、3 eV の



【0030】この実施形態のシステムは、上記 3 eV 以上のエネルギーの光子を効率よく発生させ、上記プロセスを経て最終的に水素及び電力で従来より安価に生成することをねらったものである。以上のプロセスに使用されるレーザ光については次のような波長のレーザ光が照射される。

【0031】一般的に太陽光のスペクトルを見ると、図 5 に示すように、波長 500 nm 付近のエネルギー密度が最も大きく、400 nm 以下の波長成分は極めて少ない。従って、太陽光を直接照射しても太陽電池としては極めて効率が悪く、酸化チタンは安価であるが実用性が低い。このため、レーザ発生装置 20 で発生したレーザ光を波長可変手段 30 で波長変換して水素・電気エネルギー発生部 10 の透過窓 17 へ照射して光化学反応を生じさせる。

【0032】この実施形態のレーザ発生装置 20 は、チタンサファイアレーザが用いられており、その光吸収・発光特性は図 6 に示す通りである。図から分かるように、このチタンサファイアレーザは光吸収のピークの波長が 500 nm 付近であり、太陽光のエネルギー密度のピークの波長とよく一致している。従って、太陽光が励起に効率良く使われ発光効率が高くなる。このレーザの発振波長は 780 nm であるから、波長可変手段 30 でその 2 倍高調波に変換されると 390 nm のレーザ光が効率良く太陽光から直接的に得られる。

【0033】上記 390 nm のレーザ光は紫外光であり、水素・電気エネルギー発生部 10 の酸化チタン ( $TiO_2$ ) の半導体電極 13 に作用して電流を生じさせ、白金電極 14 による水の分解で水素を効率よく発生させることができる。

【0034】上記レーザ発生装置 20 によるレーザ光は、フレネルレンズ 21 で太陽光を宇宙空間の静止位置で集光し、これを導入窓 24 から導入し励起光としてレーザ発生部 22 でレーザ光を発生する。ケーシング 22 a の全長に沿った窓 24 から導入された光はケーシング 22 a 内の空洞内でその内周面 22 b の反射面に反射されて何度も光ロッド 23 に当たり、その都度光ロッド 23 に吸収される。この太陽光の励起により光ロッド 23

光エネルギーはこの水素生成と電気エネルギーに費やされる。光の当て方は、下方より当てたり、表面を走査させ発生水素の影響を避ける手法を取る。以上の反応は次式で示されるプロセスを経る極めて単純な方式である。

【0029】

【数 1】

内では放射光が励起され、これが光共振器の反射ミラー 25 と 26 の間を多数回往復し、次第に増大してレーザ光 P として出力側の反射ミラー 26 から出力される。

【0035】出力されたレーザ光 P (波長入 = 780 nm) は、反射ミラー 28 a、28 b で地上へ送られ、波長可変手段 30 で 2 倍高調波に変換されることは前述した通りである。上記レーザ発生装置 20 で発生されるレーザ光の発生効率は、約 80% の高効率であり、このレーザ光を用いて水素・電気エネルギー発生部 10 で発生される水素・電気エネルギーの発生効率は 30 ~ 40% と極めて高い。従来太陽光を直接照射した場合、半導体電極 13 の材料に酸化チタン ( $TiO_2$ ) を使用するとせいぜい約 1% であり、酸化チタン以外の材料としても高々 2% 前後であったのに比べると桁違いに高効率化が図れる。

【0036】なお、上記の実施形態ではレーザ発生装置 20 は宇宙空間に静止させるとしたが、地球上の適宜位置に設置してもよい。この場合は、図 5 から分かるように、受光される太陽光のエネルギー密度が小さくなるから、レーザ光のエネルギーも減少し、水素・電気エネルギーの発生もその分だけ小さくなるが、発生効率では 20% 前後であり、やはり高効率である。

【0037】又、レーザ発生装置 20 は、その光ロッド 23 をサファイア結晶を主成分とする材料で形成した固体レーザの例を挙げたが、レーザとしてはこれ以外にも種々の形式のレーザが使用できる。例えば、地上又は宇宙空間に設置した太陽光励起の Nd-YAG ガラスレーザ (発振波長 1.06  $\mu m$ ) 等の固体レーザ、ヨウ素レーザ等の気体レーザ (発振波長 1.32  $\mu m$ ) や半導体レーザ (発振波長 0.9  $\mu m$ ) などである。

【0038】又、水素・電気エネルギー発生ユニット 10 の半導体電極 13 の材質としても酸化チタン以外に種々のものを組み合わせることができる。例えば、P 型インジウムリン (P-InP) (Rh、Pt 等の表面被覆、但し外部印加電圧が必要) (吸収波長 1  $\mu m$  付近)、これより短い吸収波長で酸化チタンとの中間的な吸収波長を有するものとして  $FeS_2$ 、 $WSe_2$  などがある。

【0039】以上のレーザ発生装置 20 と半導体電極 1

3との組合わせは大別すると次の3通りとなる。

【0040】(1) 半導体電極13に発振レーザ光を直接照射

例えば半導体電極13としてP型インジウムリン(P-InP)の材料を用い、レーザ発生装置20として例えばNd-YAGレーザのような長波長(1.06μm)で発振するレーザを組合わせた場合、Nd-YAGレーザとP型インジウムの半導体電極13の組合せでは、発振レーザ光の波長と半導体電極の吸収波長が共に1μm付近で一致しているため、レーザ光を伝送経路で変換又はシフトする必要がなく、従って、波長可変手段30を介することなく直接照射でき、半導体電極を励起することができる。従って、この場合は波長可変手段30は設けられない。

【0041】(2) 半導体電極13に発振レーザ光を所定波長だけシフトして照射

例えば半導体電極13にP型インジウムのような長い吸収波長の材料を用い、レーザ発生装置20にヨウ素レーザのようなさらに長波長(1.3μm)で発振するレーザを組合わせた場合、発振レーザ光を波長可変手段30により半導体電極13の吸収波長である1μm付近に波長をシフトして照射する。上記のような組合わせは、半導体電極13の材料が上記P型インジウムより短い吸収波長で、発振レーザ光が少しずれている場合も同様である。例えば半導体電極13の吸収波長が500~700nm程度でレーザの発振波長が700~900nm(例えば半導体レーザ)のような組合せである。

【0042】この組合せでは、波長可変手段30はレーザ光の波長を一定波長だけシフトする手段が用いられる。このような手段として、例えば光ファイバを所定径、長さにして、伝送されるレーザ光を通過させ、誘電体媒体として光ファイバの媒体を利用して誘導ラマン散乱を生じさせて元の波長を一定波長分シフトさせる部材である。上記光ファイバ以外にも四光波混合手段又は光パラメトリック発振手段(OPO)などを用いてもよい。

【0043】(3) 半導体電極13に発振レーザ光を2倍、又は3倍等の高調波に変換して照射

この場合については、上記実施形態で詳しく説明した通りである。半導体電極13の材質が酸化チタン(吸収波長0.4μm)のような短波長域のものでは、その2倍又は3倍等の短波長のレーザを発生するレーザ発生装置20を組合わせる場合、波長可変手段30により発振波長の2倍又は3倍等の高調波に変換して照射することとなる。このような組合せも上記実施形態に限定されるものではない。

【0044】なお、上記太陽光で直接レーザ光を発振させる方式以外に太陽電池駆動のレーザ光を照射する場合もある。例えば太陽電池駆動の青色半導体レーザ(発振波長0.4μm)などである。但し、青色半導体レーザ

を用いる場合は、波長可変手段30は不要である。青色半導体レーザは、太陽光により太陽電池を動作させて電気エネルギーを発生させ、その電気エネルギーを青色半導体レーザに与えて電圧をかけて駆動し、レーザ光を発生させる方式であるが、発生するレーザ光は波長が短波長域であるため、これに対応する吸収波長の酸化チタンを半導体電極とすると波長変換をすることなく直接そのレーザ光を半導体電極に照射できるからである。

【0045】上記各種形式のレーザ発生装置20の中で、チタンサファイアレーザやNd-YAGレーザのような固体レーザを用いる場合、添加(ドープ)されるレーザ活性物質の吸収波長と太陽光の光エネルギー密度との関係の一例を図7に示す。レーザ活性物質としてCe(セレン)、Cr(クロム)、Nd(ネオジウム)をYAG結晶に添加した例である。Ceは0.2~0.3μm付近、Crは0.4~0.6μm付近、Ndは0.6~0.9μm付近に吸収特性を有し、それぞれの吸収特性において太陽光を吸収してNd-YAGレーザの材料で決まる一定の発振波長(1.06μm)で発振する。

【0046】従って、YAGレーザに限らず他の種々の固体レーザを用いる場合は、光ロッドに添加するレーザ活性物質を少なくとも1種以上として、太陽光の光エネルギーが分布する波長域全般に亘って吸収するレーザを採用するのが望ましい。レーザ活性物質の種類が多いほど太陽光の光エネルギーを多く吸収し、高効率のレーザ発振が得られるからである。

【0047】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、この発明のシステムは、半導体電極を有する水素・電気エネルギー発生ユニットと、太陽光の光エネルギー最大密度の波長又はその一定範囲内の波長の光を吸収するレーザ発生装置とを組合せ、半導体電極を照射するレーザ光を電極の吸収波長又は吸収波長となる波長に変換又はシフトして照射するようにしたから、半導体電極を照射するレーザ光は半導体電極に大部分吸収され、太陽光の光エネルギーの大部分を利用でき、極めて高効率で水素・電気エネルギーを発生できるという顕著な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態の水素・電気エネルギー発生システムの全体概略系統図

【図2】レーザ発生装置の概略構成図

【図3】同上の側面図、部分平面図

【図4】レーザ光の伝送系の概略図

【図5】太陽光のエネルギー密度のスペクトル分布図

【図6】チタンサファイアレーザの吸収-発光特性の説明図

【図7】半導体電極の作用の説明図

【図8】レーザ活性物質の添加による吸収波長の分布図

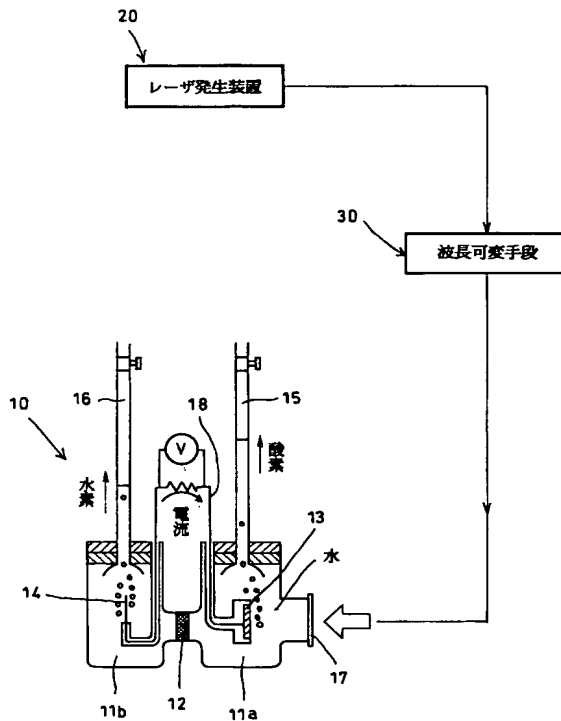
【符号の説明】

10 水素・電気エネルギー発生ユニット

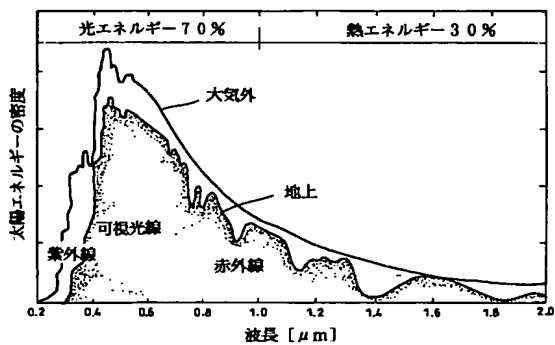


- 11a、11b チャンバ
- 12 絶縁材
- 13 半導体電極
- 14 白金電極
- 15、16 排出管
- 17 透過窓
- 20 レーザ発生装置
- 21 フレネルレンズ

【図1】

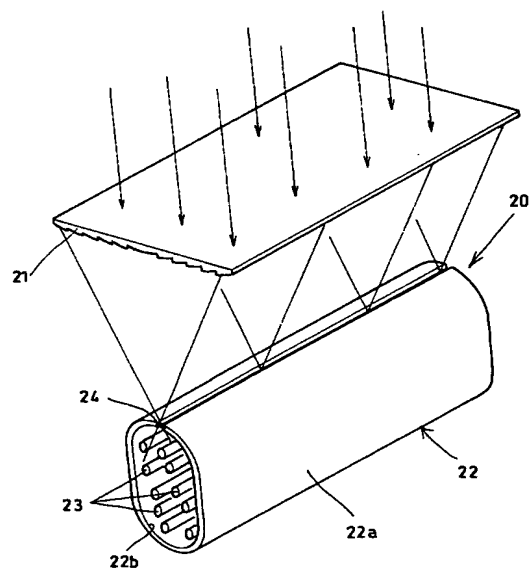


【図5】

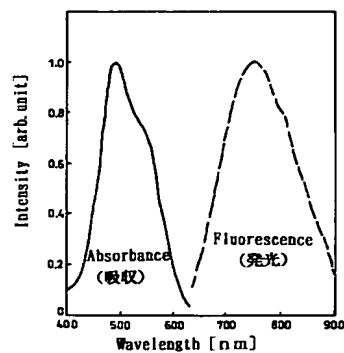


- 22 レーザ発生部
- 23 光ロッド
- 24 導入窓
- 25、26 反射ミラー
- 27 ホログラフィックレンズ
- 28a、28b 反射ミラー
- 30 波長可変手段

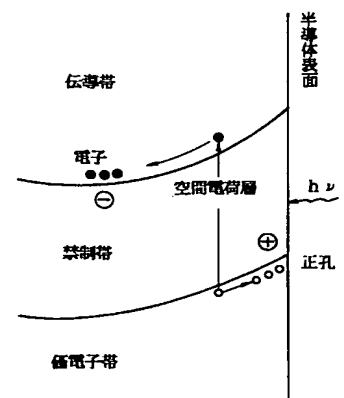
【図2】



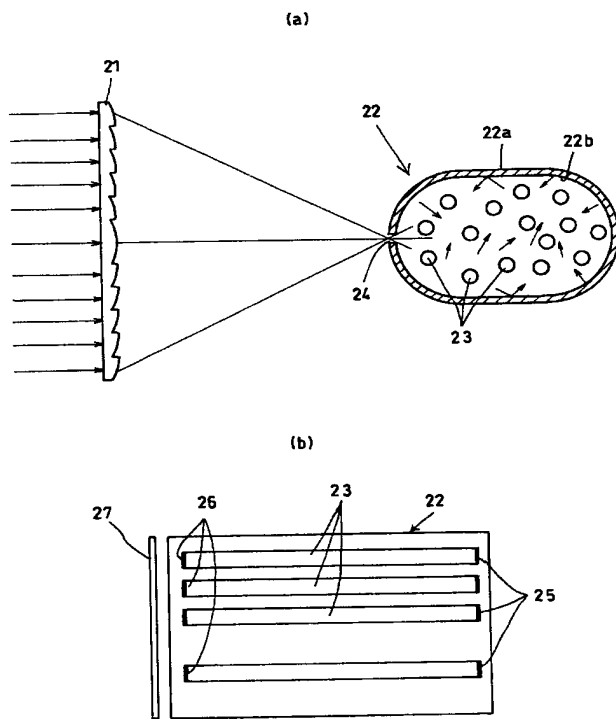
【図6】



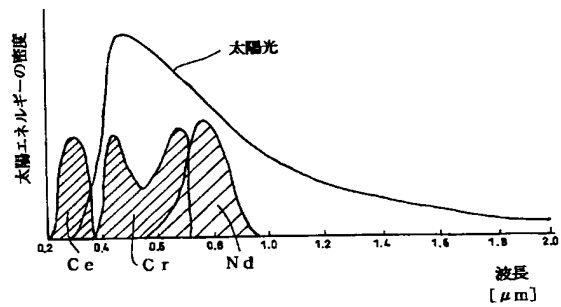
【図7】



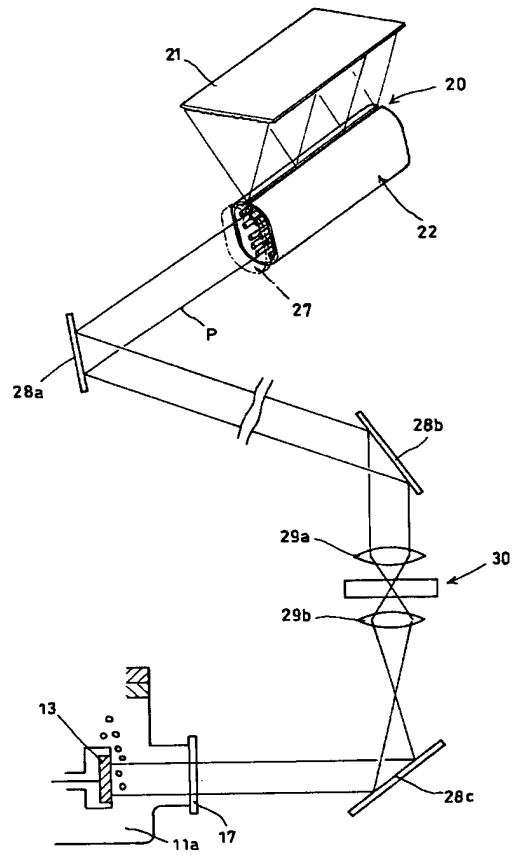
【図 3】



【図 8】



【図 4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**